

人数把握が可能な在室検知センサを用いた照明・空調制御システムの有効性の検証

環境都市専攻 建築都市デザインコース 6143130002-7 太田 涼平
(指導教員 近本智行)

1. はじめに

近年、オフィスにおける省エネが重要視されており、積極的に環境配慮技術が導入される傾向にある。ただし、空調の設定温度緩和などの取り組みでは、省エネを優先するために温熱環境の悪化、更には執務者の快適性や知的生産性の欠如を引き起こす可能性もあるため、省エネ性と快適性を両立可能な制御手法が求められる。

そこで、本研究ではエリアごとに人数把握が可能な在室検知センサを用いた照明・空調制御システムを提案し、実事務所での実測および執務者へのアンケート調査を行うことで、省エネ性及び快適性の観点から本制御の有効性を確認する。一般的なオフィスでは照明は常時点灯状態になることが多く、空調においても設定温度は一部の執務者の好みに設定されることが多いため、省エネ性・快適性が満たされているとは言えない。また、外勤者が多いオフィスでは人数の増減に左右されて室温が大きく変動するため、快適な環境を維持することは容易ではない。本制御システムであれば人数変動による照明の点灯・消灯や空調の室温変動の抑制が可能になるため、省エネ性だけでなく快適性においても有効だと考えられる。

2. 対象建物・システム概要

表 1 に対象となる H 事務所の概要を示す。H 事務所では省エネ性・快適性を実現するため、在室検知システムを含め、クーリングルームやデシカント空調システムなど様々な技術¹⁾が導入されている。また、1 階は作業場、2・3 階は事務所フロアであり、外勤部署のため日中は執務者の出入りが多い特徴を有している。

2.1 在室検知センサ

H 事務所にはエリアごとに在室検知センサが設置されており、2 階には 8 台、3 階には 14 台（北側：6 台、南側：8 台）設置されている。在室検知センサにはそれぞれ感知する範囲が設定されており、その範囲内の人数を自動認識して、1 分単位の計測値をデータベースに記録している。在室検知センサ及び撮影画像を図 1、センサの設置位置及び感知範囲を図 2 に示す。

表 1 対象建物概要

所在地	兵庫県神戸市	
延床面積	約2,100㎡	
建築面積	約700㎡	
階数	3階	
用途	事務所	
構造	S造	
入居者数	約200名	
竣工	2013年11月	

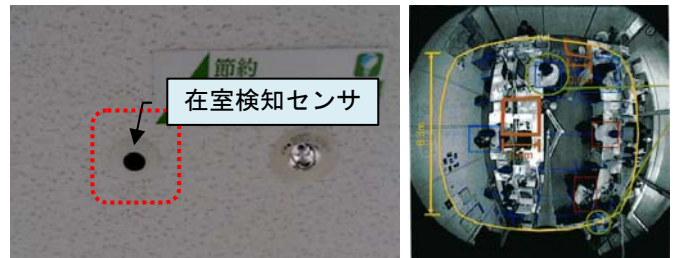


図 1 在室検知センサ（左：設置写真、右：撮影画像）

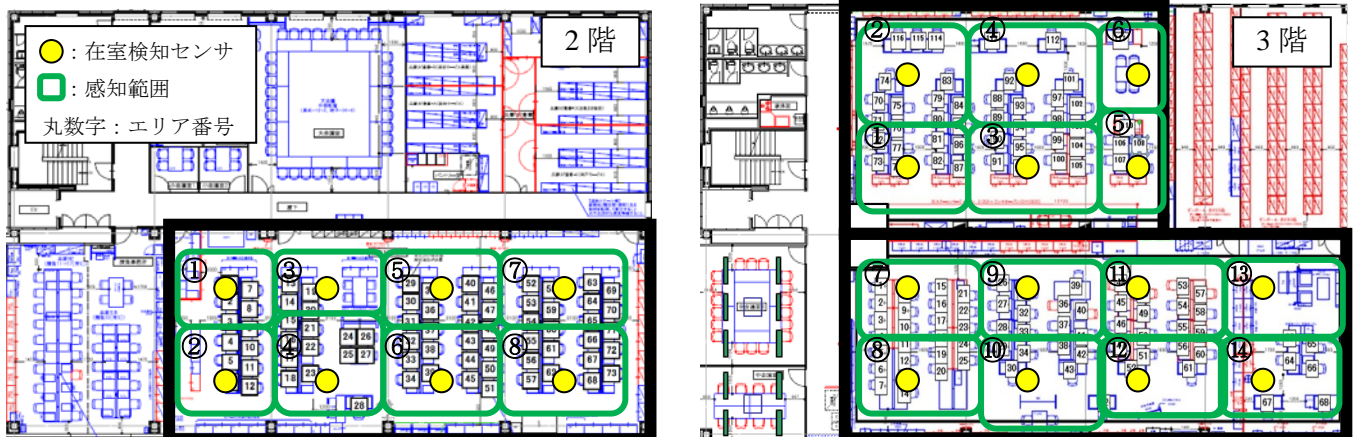


図 2 対象階平面図及び在室検知センサ設置位置（太枠：執務室）

Inspection of the Effectiveness of Lighting and Air Conditioning Control System by Detection Sensor that can count the Number of Human

対象建物ではこのシステムを用いて、照明 ON・OFF と空調設定温度の制御をしており、本研究ではこの 2 つの制御の有効性を省エネ性・快適性の観点から検証する。

2.2 照明制御システム

照明制御では在室検知センサで計測されている在室人数を基に、撮影エリアの在室者が居ない状態 (0 人) になると 1 分後にエリアの照明が自動的に OFF に切り替わる。また、照明 OFF のエリアに在室者が進入した場合は即座に照明が ON に切り替わる。制御フローを図 3 に示す。外勤者が多いオフィスでは執務者の出入りが頻繁に行われるため、在室者の有無により照明の小まめな消灯を行える本制御は省エネ面で有効だと考えられる。

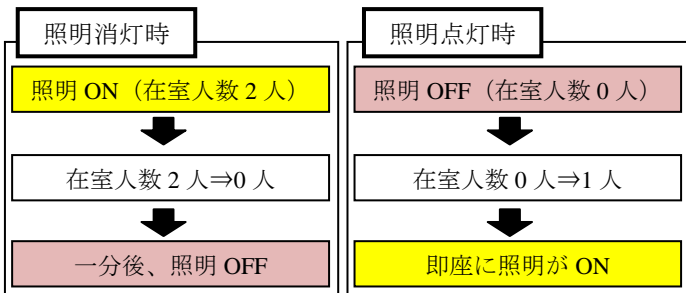


図 3 照明制御フロー例

2.3 空調制御システム

空調制御では在室検知センサの人数情報から算出した人数変化と室内温度を基に空調設定温度を変更する。人数変化は図 4 のように 1 分単位で取得される人数情報の 25 分間平均値とその後の 5 分間平均値の差から算出し、管理者側で設定した温度テーブルに従って 30 分おきに空調設定温度を変更する。夏期に用いた空調設定温度テーブル^{注1)}を表 2 に示す。外勤者が多いオフィスでは在室人数の変動が大きく、一般的な空調制御では人数に左右されて室温が上下するため常に快適な環境を維持することは難しい。しかし、本システムであれば人数変化から将来の環境変化を予測し、環境が悪化する前に設定温度を変更することで室内を快適な温度に維持することが可能になるため、快適性の向上に繋がると考えられる。

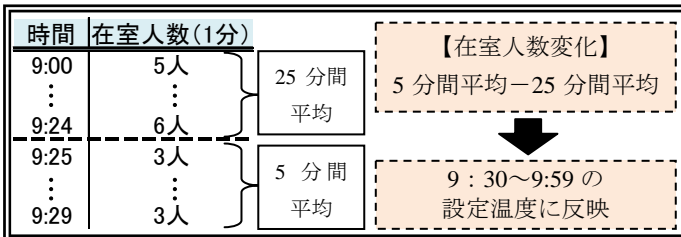


図 4 在室人数変化算出方法

表 2 夏期 空調設定温度テーブル

人数変化	室内温度				
	24℃以下	24~25℃	25~26℃	26~27℃	27℃以上
+1.5人以上	26	26	26	27	27
+0.5人以上	26	26	27	27	27
±0.5人は何もしない	-	-	-	-	-
-0.5人以上	26	27	27	27	28
-1.5人以上	27	28	28	28	28

3. 実測概要

3.1 実測期間・実測環境

夏期実測はプレ試験・本試験① (7 月 28 日~8 月 10 日)・本試験② (9 月 1 日~9 月 14 日) の 3 回実施した。プレ試験は計測機器の確認や適切な空調設定温度の検討を意図して行われ、分析には外気温が高い本試験のデータを用いた。また、在室検知制御時と手動運用時の比較を行うため、各試験で 1 週目は在室検知制御での運用、2 週目は手動運用で実測を行った。実測期間中、執務室では全熱交換機による換気を行っており、シーリングファンを執務者に自由に操作・運用させた。

3.2 実測項目・測定箇所

実測は 2 階・3 階の執務室で実施した。表 3 に測定項目、図 5 に測定箇所を示す。PMV 計を 2 階・3 階北側/南側にそれぞれ 1 台設置し、PMV^{注2)}・空気温度・湿度・放射温度・風速の計測を行った。また、対象建物にはクラウド型 BEMS が導入されており、消費エネルギー^{注3)}、在室人数、各エリアの温湿度、外気温、空調設定温度等を測定しているため、分析にはそのデータも用いた。

表 3 測定項目

凡例	測定機器	測定項目	測定間隔	測定点数
●	PMV計	PMV、空気温度、湿度、放射温度、風速	10分	2階:1点 3階:2点(北・南)
▲	温湿度計	空気温度、湿度	1分	各エリア:1点

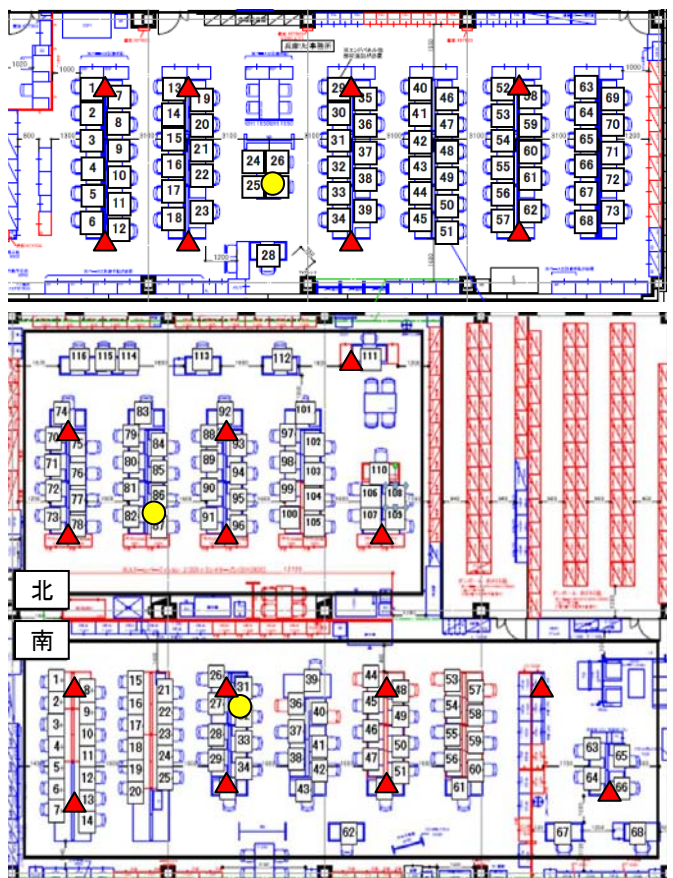


図 5 測定箇所 (上段: 2階、下段: 3階)

3.3 アンケート

主なアンケート項目を表4に示す。アンケートは各試験の在室検知制御時と手動運用時でそれぞれ一回ずつ実施した。また、アンケートはWEB形式で行い、回答時間は指定せず、自由な時間にPC上で回答してもらった。

表4 アンケート項目

在席場所／性別／年齢／勤務内容／服装／帰社時間／滞在時間／暑がり・寒がり／クーリングルームの使用の有無／扇風機等の使用の有無／温冷感／湿度感／気流感／快適感／自由記述

4. 照明制御の有効性の確認

計測された消費電力量と在室人数を用いて、在室検知制御時と手動運用時の照明電力量を比較した。図6に本試験①における各日の照明電力と平均在室人数、表5に各運用における平日総消費電力量、図7に代表日^{註4)}の照明電力量・在室人数の推移を示す。

図6から平均在室人数の近い日において、在室検知制御時の照明電力量は手動運用時と比べて低いことが確認できた。また、表5から平日全体を通して全てのエリアで在室検知制御時の消費電力は低くなっており、2階では最大21%の節電効果が確認できた。図7から手動運用時では在室人数に関わらず、照明が日中の間、点灯継続状態になるため、常に一定の電力を消費しているが、在室検知制御時は人数変化に伴い照明がOFFになるため、

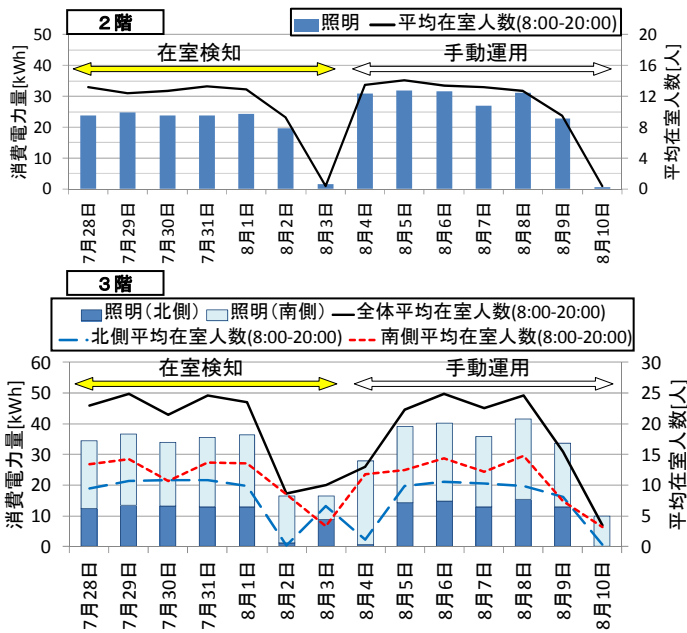


図6 各日の照明電力量と平均在室人数 (上段：2階、下段：3階)

表5 各運用における平日総消費電力量

エリア	在室検知	手動運用	電力削減量
2階	121[kWh]	153[kWh]	32[kWh] (-21%)
3階北	53[kWh]	58[kWh]	5[kWh] (-9%)
3階南	112[kWh]	128[kWh]	16[kWh] (-13%)

消費電力を削減できており、在室検知が外勤者を多く有するオフィスにおいて有効であることが確認できた。また、外勤者が少ない2階エリアでは在室検知制御による日中の電力削減効果は少なかったが、出社や退社時の人数変化に伴って徐々に照明が点灯・消灯するため、無駄な照明の点灯を防止することが可能であった。

5. 空調制御の有効性の確認

5.1 空調制御の省エネ性

図8に代表日^{註4)}のガス消費量・在室人数の推移、図9に本試験①における在室人数と室外機ガス量の関係を示す。在室人数及び外気温推移が近い代表日でガス消費量を比較すると、ガス日積算量は在室検知制御時の方が少なくなっており、在室検知制御の空調設定温度緩和による省エネ効果が確認できた。また、図9では在室検知制御時の回帰線は手動運用時の回帰線より常に下側にあり、傾きも大きいいため、在室人数が少ない状況下においてガス消費量を大きく削減できると考えられる。

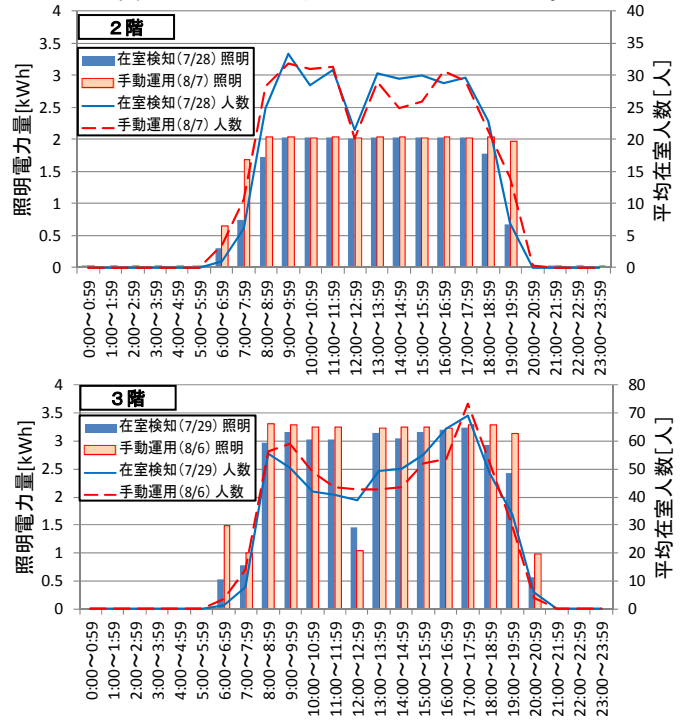


図7 代表日の照明電力量・在室人数の推移 (上段：2階、下段：3階北・南合計)

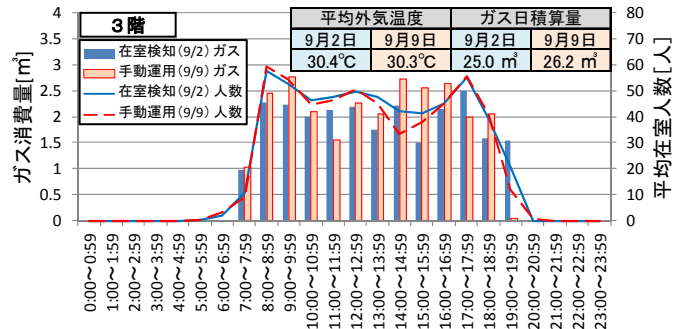


図8 代表日のガス消費量・在室人数の推移

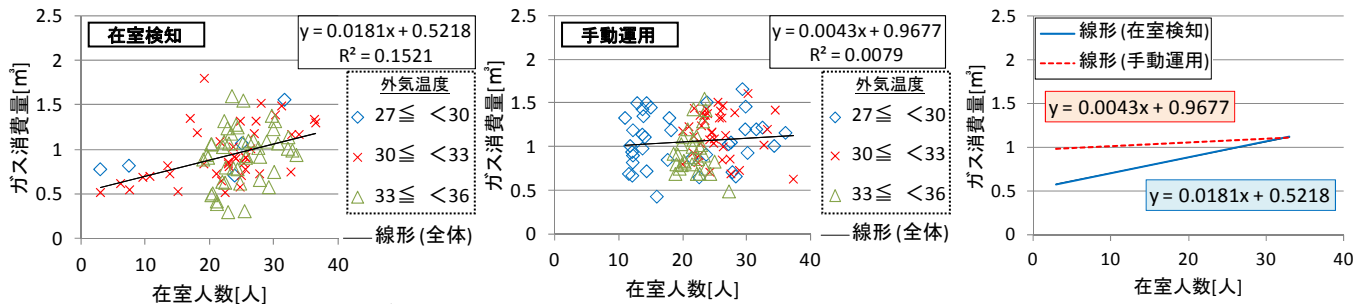


図9 在室人数とガス消費量の関係（左：在室検知、中：手動運用、右：回帰線の比較）

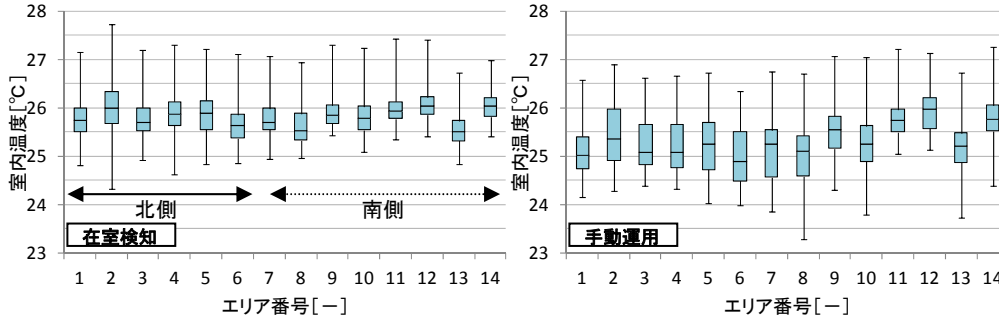


図10 3階各エリアの室内温度（左：在室検知、右：手動運用）

表6 各エリアの平均PMV

	在室検知	手動運用
本試験①	7月30日	8月6日
2階	0.12	0.36
3階北	0.17	-0.11
3階南	0.43	-0.02
本試験②	9月3日	9月10日
2階	-0.03	0.44
3階北	0.68	-0.31
3階南	0.27	0.23

5.2 室内環境実測結果

図10に本試験①での3階各エリアの室内温度を示す。夏期の冷房設定温度は省エネ基準で28℃が推奨されているが、手動運用時では一部の執務者の好みで温度を低く設定する傾向があるため、在室検知制御時と比べると室温が全エリアで低くなっている。また、手動運用時ではエリアでの温度変動が大きく、エリアごとの温度差も大きい。一方で在室検知制御時には温度変動は0.5℃程度に抑えられており、エリアごとの温度差も小さいため、執務者に安定した温熱環境を提供することが可能であった。また、表6に示した8:00~20:00の平均PMVや図11に示したアンケート日のPMV推移においても、在室検知制御時のPMVは概ね快適範囲で推移することが確認できる。

5.3 空調制御の快適性

図12に温冷感申告、図13に快適感申告の結果を示す。在室検知制御時の温冷感申告は手動運用時と同等であり、快適感申告に至っては快適側の申告が多くなっている。これは、在室検知制御によって室温の揺れ幅が小さくなったことで、執務者にとって快適な温度が長く維持されていたためと考えられる。

6. まとめ

- ・在室検知センサの照明制御により在室人数変化に伴う日中の照明電力量の削減が確認できた。また、出社時や退社時における節電効果も得られた。
- ・在室検知センサの空調制御を用いると在室人数の増減に伴う設定温度変更や空調のOFFによる室外機のガス消費量の削減が期待できる。また、設定温度緩和することで室温は手動運用時より高くなるが、室温変動を抑制し、人数状況に関わらず快適な室温を維持できるため、快適性についても向上が見込める。

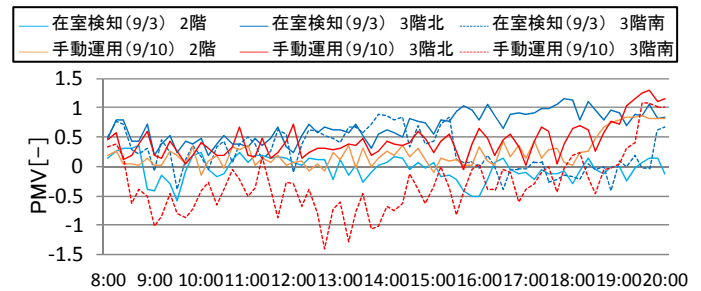


図11 アンケート日におけるPMVの推移

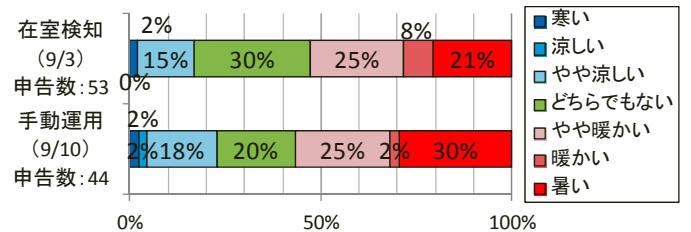


図12 温冷感申告（本試験②）

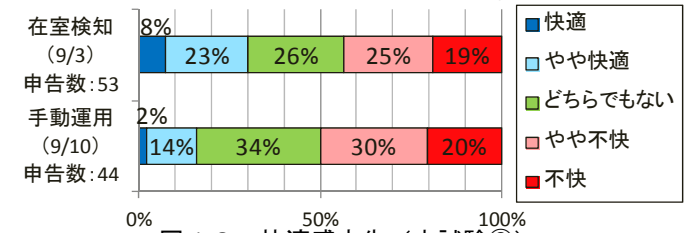


図13 快適感申告（本試験②）

注釈

- 注1) 在室者が0人になった場合、空調はOFFになる。
 注2) 照明電力量、コンセント電力量、空調室内機電力量、シーリングファン電力量、室外機ガス量を計測している。
 注3) 着衣量：0.6clo、代謝量：1.0metでPMVを算出した。
 注4) 照明電力量の代表日は在室人数推移が近い日を選定し、ガス量やPMV評価については外気温度が影響するため、在室人数に加えて外気温度推移が近い日を選定した。

参考文献

- 文1) 中嶋 他：小規模業務ビルにおける省エネ・BCP対策（第1報）葺合事務所の計画概要、空気調和・衛生工学会論文集、pp.85-88、2014年9月